

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Problem Image Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-039737

(43)Date of publication of application : 13.02.2001

(51)Int.Cl.

C03C 15/00
G02B 3/00
G02F 1/1333

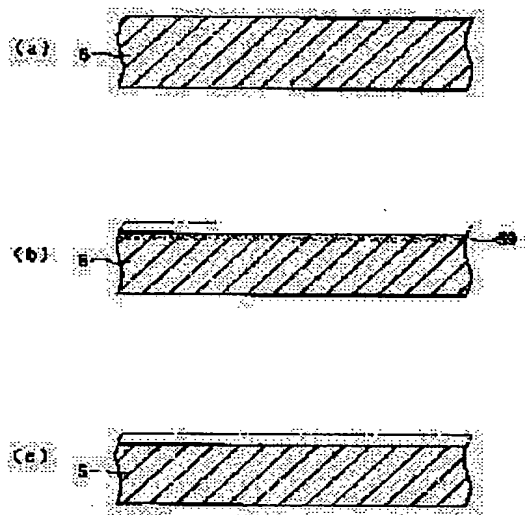
(21)Application number : 11-211231

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 26.07.1999

(72)Inventor : SHIMIZU NOBUO
YOTSUYA SHINICHI**(54) PRODUCTION OF GLASS SUBSTRATE HAVING RECESS, MICROLENS SUBSTRATE, COUNTER SUBSTRATE FOR LIQUID CRYSTAL PANEL, LIQUID CRYSTAL PANEL AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for the production of a microlens substrate having a microlens with more ideal lens form.**SOLUTION:** First, the surface of a prepared glass substrate 5 is polished. The processed and degenerated layer 59 formed on the surface of the glass substrate 5 by polishing is removed by wet etching. Then, a mask layer having a pattern corresponding to recesses to be formed is applied on the glass substrate 5. Then the glass substrate 5 is subjected to wet etching to form a large number of recesses on the glass substrate 5. The recesses are filled with a resin having a higher refractive index than that of the glass substrate 5 to form microlenses.**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 28.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-39737

(P2001-39737A)

(43)公開日 平成13年2月13日(2001.2.13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
C 0 3 C 15/00		C 0 3 C 15/00	D 2 H 0 9 0
G 0 2 B 3/00		G 0 2 B 3/00	4 G 0 5 9
G 0 2 F 1/1333	5 0 0	G 0 2 F 1/1333	5 0 0

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平11-211231

(22)出願日 平成11年7月26日(1999.7.26)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 清水 信雄

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 四谷 真一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

Fターム(参考) 2H090 JA04 JB02 JC03 JC06 LA12

4G059 AA08 AA11 AB03 AB06 AC01

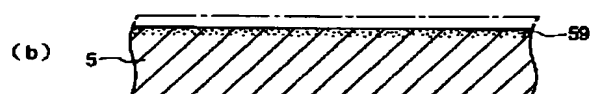
BB04 BB08 BB16 BB17

(54)【発明の名称】 四部付きガラス基板の製造方法、マイクロレンズ基板、液晶パネル用対向基板、液晶パネルおよび投射型表示装置

(57)【要約】

【課題】より理想的なレンズ形状に近いマイクロレンズを有するマイクロレンズ基板の製造方法を提供すること。

【解決手段】本発明のマイクロレンズ基板は、次のようにして製造される。まず、用意したガラス基板5の表面を研磨する。次に、前記研磨によりガラス基板5の表面に形成された加工変質層59を、ウエットエッチングにより除去する。次に、ガラス基板5上に、形成する凹部に対応するパターンのマスク層を設ける。次に、ガラス基板5に対してウエットエッチングを行ない、ガラス基板5上に多数の凹部を形成する。次に、かかる凹部に、ガラス基板5より高い屈折率を有する樹脂を充填して、マイクロレンズを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成する凹部付きガラス基板の製造方法であって、
前記エッチングに先立って、前記ガラス基板のエッチングを施す面に形成された加工変質層の少なくとも一部を除去することを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 2】 表面を研磨したガラス基板を用意し、次いで、前記研磨により前記ガラス基板の表面に生じた加工変質層の少なくとも一部を除去し、その後、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成することを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 3】 異なった研磨条件で、少なくとも 2 回、表面を研磨したガラス基板を用意し、次いで、前記研磨により前記ガラス基板の表面に生じた加工変質層の少なくとも一部を除去し、その後、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成することを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 4】 前記加工変質層の少なくとも一部を除去する際に、前記ガラス基板の表面から少なくとも 0.1 μm 以上の深さまで、前記ガラス基板の一部を除去する請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 5】 エッチングを行うことにより、前記加工変質層の少なくとも一部を除去する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 6】 ウエットエッチングまたはドライエッチングを行うことにより、前記加工変質層の少なくとも一部を除去する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 7】 前記ガラス基板上に、前記凹部に対応するパターンマスク層を形成して、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記凹部を形成する請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 8】 前記マスク層は、金属で構成される請求項 7 に記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 9】 前記ガラス基板に対してウエットエッチングを施すことにより、前記凹部を形成する請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 10】 前記加工変質層の除去、および、前記凹部の形成は、それぞれウエットエッチングにより行われ、それらのウエットエッチングにおいて、同種類のエッチング液を用いる請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 11】 前記加工変質層の除去、および、前記凹部の形成は、それぞれウエットエッチングにより行われ、それらのウエットエッチングにおいて、それぞれ異なる種類のエッチング液を用いる請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 12】 前記各凹部の平均最大深さを D、前記各凹部の平均開口半径を R としたとき、 R/D が 0.8 ～ 2.0 となるように、前記凹部を形成する請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【請求項 13】 請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法により製造された凹部付きガラス基板の前記凹部に、前記ガラス基板より高い屈折率の材料が充填されてマイクロレンズが形成されたことを特徴とするマイクロレンズ基板。

【請求項 14】 請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法により製造された凹部付きガラス基板と、該凹部付きガラス基板に樹脂層を介して接合されたガラス層とを有し、前記凹部内に充填された樹脂によりマイクロレンズが形成されたことを特徴とするマイクロレンズ基板。

【請求項 15】 請求項 14 に記載のマイクロレンズ基板と、前記ガラス層上または前記ガラス基板上に設けられた透明導電膜とを有することを特徴とする液晶パネル用対向基板。

【請求項 16】 請求項 14 に記載のマイクロレンズ基板と、前記ガラス層上または前記ガラス基板上に設けられたブラックマトリックスと、該ブラックマトリックスを覆う透明導電膜とを有することを特徴とする液晶パネル用対向基板。

【請求項 17】 請求項 15 または 16 に記載の液晶パネル用対向基板を備えたことを特徴とする液晶パネル。

【請求項 18】 個別電極を備えた液晶駆動基板と、該液晶駆動基板に接合された請求項 15 または 16 に記載の液晶パネル用対向基板と、前記液晶駆動基板と前記液晶パネル用対向基板との空隙に封入された液晶とを有することを特徴とする液晶パネル。

【請求項 19】 前記液晶駆動基板は TFT 基板である請求項 18 に記載の液晶パネル。

【請求項 20】 請求項 17 ないし 19 のいずれかに記載の液晶パネルを備えたライトバルブを有し、該ライトバルブを少なくとも 1 個用いて画像を投射することを特徴とする投射型表示装置。

【請求項 21】 画像を形成する赤色、緑色および青色に対応した 3 つのライトバルブと、光源と、該光源からの光を赤色、緑色および青色の光に分離し、前記各光に対応する前記ライトバルブに導く色分離光学系と、前記各画像を合成する色合成光学系と、前記合成された画像を投射する投射光学系とを有する投射型表示装置であつ

て、
前記ライトバルブは、請求項17ないし19のいずれかに記載の液晶パネルを備えたことを特徴とする投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、凹部付きガラス基板の製造方法、マイクロレンズ基板、液晶パネル用対向基板、液晶パネルおよび投射型表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スクリーン上に画像を投射する投射型表示装置（液晶プロジェクター）が知られている。かかる投射型表示装置では、その画像形成に主として液晶パネル（液晶光シャッター）が用いられている。

【0003】液晶パネルの中には、液晶パネルを透過する光の透過率、利用効率を高めるべく、各画素に対応する位置に、多数の微小なマイクロレンズを設けたものが知られている。これにより、液晶パネルは、比較的小さい光量で明るい画像を形成することができるようになる。

【0004】マイクロレンズは、通常、液晶パネルが備えているマイクロレンズ基板に形成されている。

【0005】このようなマイクロレンズを形成する方法としては、例えば、予め離形剤が塗布された型に樹脂層を介して基材を押し当て、この状態で樹脂を硬化させることにより、該型の形状が転写されたマイクロレンズを一体的に有するマイクロレンズ基材を形成する方法が知られている（転写法）。また、基板表面に、マイクロレンズの形状に対応した凸形状のレジストを設け、ドライエッチングを行なうことにより、かかるレジストの形状を基板上に転写し、基板上に凸形状のマイクロレンズを形成する方法が知られている。

【0006】さらには、ウェットエッチング等により、基板上にマイクロレンズの形状に対応した凹部を形成し、かかる凹部に所定の材料を充填して、マイクロレンズを形成する方法が知られている。

【0007】ところで、現在、液晶パネルは、進歩、発展がめざましく、その高性能化、高精細化には、目を見張るものがある。

【0008】そして、このような液晶パネルのさらなる高性能化、高精細化を実現すべく、より高い光の利用効率を有し、より優れた光学特性を有するマイクロレンズ基板の開発が望まれている。

【0009】このような高い光の利用効率、優れた光学特性を有するマイクロレンズを得るためには、マイクロレンズの形状は、より理想的なレンズ形状に近いことが好ましい。このためにも、基板に凹部を形成してマイクロレンズを形成する場合には、凹部の形状をより理想的なレンズ形状に近付けることが必要である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、より理想的なレンズ形状に近い凹部を形成可能な凹部付きガラス基板の製造方法、および、より理想的なレンズ形状に近いマイクロレンズを有するマイクロレンズ基板、さらには、かかるマイクロレンズ基板を備えた液晶パネル用対向基板、液晶パネルおよび投射型表示装置を提供することにある。

【0011】

10 【課題を解決するための手段】このような目的は、下記（1）～（21）の本発明により達成される。

【0012】（1） ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成する凹部付きガラス基板の製造方法であって、前記エッチングに先立って、前記ガラス基板のエッチングを施す面に形成された加工変質層の少なくとも一部を除去することとを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

20 【0013】（2） 表面を研磨したガラス基板を用意し、次いで、前記研磨により前記ガラス基板の表面に生じた加工変質層の少なくとも一部を除去し、その後、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成することとを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

30 【0014】（3） 異なった研磨条件で、少なくとも2回、表面を研磨したガラス基板を用意し、次いで、前記研磨により前記ガラス基板の表面に生じた加工変質層の少なくとも一部を除去し、その後、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記ガラス基板上に多数の凹部を形成することとを特徴とする凹部付きガラス基板の製造方法。

【0015】（4） 前記加工変質層の少なくとも一部を除去する際に、前記ガラス基板の表面から少なくとも0.1μm以上の深さまで、前記ガラス基板の一部を除去する上記（1）ないし（3）のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0016】（5） エッチングを行うことにより、前記加工変質層の少なくとも一部を除去する上記（1）ないし（4）のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

40 【0017】（6） ウェットエッチングまたはドライエッチングを行うことにより、前記加工変質層の少なくとも一部を除去する上記（1）ないし（4）のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0018】（7） 前記ガラス基板上に、前記凹部に対応するパターンマスク層を形成して、前記ガラス基板に対してエッチングを施し、前記凹部を形成する上記（1）ないし（6）のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

50 【0019】（8） 前記マスク層は、金属で構成される上記（7）に記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0020】(9) 前記ガラス基板に対してウェットエッチングを施すことにより、前記凹部を形成する上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0021】(10) 前記加工変質層の除去、および、前記凹部の形成は、それぞれウェットエッチングにより行われ、それらのウェットエッチングにおいて、同種類のエッチング液を用いる上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0022】(11) 前記加工変質層の除去、および、前記凹部の形成は、それぞれウェットエッチングにより行われ、それらのウェットエッチングにおいて、それぞれ異なる種類のエッチング液を用いる上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0023】(12) 前記各凹部の平均最大深さをD、前記各凹部の平均開口半径をRとしたとき、 R/D が0.8～2.0となるように、前記凹部を形成する上記(1)ないし(11)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法。

【0024】(13) 上記(1)ないし(12)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法により製造された凹部付きガラス基板の前記凹部に、前記ガラス基板より高い屈折率の材料が充填されてマイクロレンズが形成されたことを特徴とするマイクロレンズ基板。

【0025】(14) 上記(1)ないし(12)のいずれかに記載の凹部付きガラス基板の製造方法により製造された凹部付きガラス基板と、該凹部付きガラス基板に樹脂層を介して接合されたガラス層とを有し、前記凹部内に充填された樹脂によりマイクロレンズが形成されたことを特徴とするマイクロレンズ基板。

【0026】(15) 上記(14)に記載のマイクロレンズ基板と、前記ガラス層上または前記ガラス基板上に設けられた透明導電膜とを有することを特徴とする液晶パネル用対向基板。

【0027】(16) 上記(14)に記載のマイクロレンズ基板と、前記ガラス層上または前記ガラス基板上に設けられたブラックマトリックスと、該ブラックマトリックスを覆う透明導電膜とを有することを特徴とする液晶パネル用対向基板。

【0028】(17) 上記(15)または(16)に記載の液晶パネル用対向基板を備えたことを特徴とする液晶パネル。

【0029】(18) 個別電極を備えた液晶駆動基板と、該液晶駆動基板に接合された上記(15)または(16)に記載の液晶パネル用対向基板と、前記液晶駆動基板と前記液晶パネル用対向基板との空隙に封入された液晶とを有することを特徴とする液晶パネル。

【0030】(19) 前記液晶駆動基板はTFT基板である上記(18)に記載の液晶パネル。

【0031】(20) 上記(17)ないし(19)のいずれかに記載の液晶パネルを備えたライトバルブを有し、該ライトバルブを少なくとも1個用いて画像を投射することを特徴とする投射型表示装置。

【0032】(21) 画像を形成する赤色、緑色および青色に対応した3つのライトバルブと、光源と、該光源からの光を赤色、緑色および青色の光に分離し、前記各光に対応する前記ライトバルブに導く色分離光学系と、前記各画像を合成する色合成光学系と、前記合成された画像を投射する投射光学系とを有する投射型表示装置であって、前記ライトバルブは、上記(17)ないし(19)のいずれかに記載の液晶パネルを備えたことを特徴とする投射型表示装置。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明における凹部付きガラス基板、および、マイクロレンズ基板には、個別基板およびウエハーの双方を含むものとする。

【0034】以下、本発明の凹部付きガラス基板、さらには、マイクロレンズ基板の製造方法の好適な実施の形態について、図1、2に基づいて詳細に説明する。

【0035】本発明では、ガラス基板5に対してエッチングを施し、ガラス基板上に多数の凹部3を形成することにより、凹部付きガラス基板2を製造する。また、本発明では、かかる凹部3に、所定の材料を充填することによりマイクロレンズ基板1を製造する。

【0036】まず、図1(a)に示すように、母材として、例えば未加工のガラス基板5を用意する。このガラス基板5には、厚さが均一で、たわみや傷のないものが好適に用いられる。

【0037】また、製造されたマイクロレンズ基板が液晶パネルの製造に用いられ、かかる液晶パネルがガラス基板5以外のガラス基板(例えば後述するガラス基板171等)を有する場合には、ガラス基板5の熱膨張係数は、かかる液晶パネルが有する他のガラス基板の熱膨張係数とほぼ等しいものであることが好ましい。このように、ガラス基板5と液晶パネルが有する他のガラス基板の熱膨張係数をほぼ等しいものとする、得られる液晶パネルでは、温度が変化したときに二者の熱膨張係数が違うことにより生じる反り、たわみ等が防止される。

【0038】かかる観点からは、ガラス基板5と液晶パネルが有する他のガラス基板とは、同じ材質で構成されていることが好ましい。これにより、温度変化時の熱膨張係数の相違による反り、たわみ等が効果的に防止される。

【0039】特に、製造されたマイクロレンズ基板1を高温ポリシリコンのTFT液晶パネルの製造に用いる場合には、ガラス基板5は、石英ガラスで構成されていることが好ましい。TFT液晶パネルは、液晶駆動基板としてTFT基板を有している。かかるTFT基板には、製造時の環境により特性が変化しにくい石英ガラスが好

ましく用いられる。このため、これに対応させて、ガラス基板 5 を石英ガラスで構成することにより、反り、たわみ等の生じにくい、安定性に優れた TFT 液晶パネルを得ることができる。

【0040】ガラス基板 5 の厚さは、ガラス基板 5 を構成する材料、屈折率等の種々の条件により異なるが、通常、0.3～5mm 程度が好ましく、0.5～2mm 程度がより好ましい。厚さをこの範囲内とすると、必要な光学特性を備えたコンパクトなマイクロレンズ基板 1 を得ることができる。

【0041】＜1＞まず、ガラス基板 5 の表面を研磨する。

【0042】用意したガラス基板 5 が未加工の場合、そのままでは、ガラス基板 5 に対してエッチングを施し、凹部 3 を形成する（後述する工程＜5＞参照）のに適さない場合がある。例えば、ガラス基板 5 の表面は、凹部 3 を形成するのに十分な平滑性を有していない場合がある。また、ガラス基板 5 の表面には微少な凹凸、傷等が存在する場合がある。かかる場合に、ガラス基板 5 の表面を研磨することにより、ガラス基板 5 の表面をより平滑なものとし、また、微少な凹凸、傷等を除去することができる。これにより、ガラス基板 5 に凹部 3 を好適に形成することができるようになる。

【0043】なお、研磨は、ガラス基板 5 の少なくとも凹部 3 を形成する部分に行うことが好ましい。また、ガラス基板 5 の表面全体を研磨してもよい。

【0044】研磨は、1 回行ってもよいし、異なった研磨条件で 2 回行ってもよい。さらには、研磨条件をそれぞれ設定して、3 回以上研磨を行ってもよい。

【0045】研磨を複数回行う利点は種々あるが、研磨の進行度合い、ガラス基板 5 の表面の状態に応じて、適切な研磨条件を適宜設定することができ、よりの確で効率的な研磨を可能にするという点大きい。すなわち、例えば、用意したガラス基板 5 の表面の平滑度が低く、表面粗さが大きい場合、1 回目の研磨時には、かかる表面状態に合った研磨条件を選択し、そして、ある程度研磨が進行し、ガラス基板 5 の表面の平滑度が高まり、表面粗さが小さくなったら、それに応じた研磨条件を選択することができる。これにより、非常に効率よく、より高い平滑度、低い表面粗さに、ガラス基板 5 の表面を研磨することができるようになる。

【0046】このような観点からは、1 回目の研磨は、酸化セリウム等の研磨材（砥粒）を用いて、低加重、低速度条件下で、緩やかに行うことが好ましい。この場合、研磨材の平均粒径は、例えば、1.7～3.0 μm 程度とされる。

【0047】また、同様の観点からは、2 回目の研磨は、比較的粒径の小さい酸化セリウム等の研磨材を用いて、低加重、低速度条件下で、緩やかに行うことが好ましい。この場合、研磨材の平均粒径は、例えば、0.4

4～1.2 μm 程度とされる。

【0048】さらに、例えば、コロイダルシリカ等の形状が球で比較的硬度の低い研磨材を用いて研磨を行ってもよい。

【0049】なお、研磨が 1 回で十分な場合には、研磨を行う回数は 1 回でよい。その場合には、例えば、前記 1 回目の研磨と同様の条件で研磨を行うことができる。

【0050】このように、研磨の回数が少ない場合には、研磨の工程数を少なくすることができ、凹部付きガラス基板 2、マイクロレンズ基板 1 を製造する際の省力化、および、製造コストの削減を図ることができる。

【0051】特に、本発明によれば、後の工程で加工変質層を除去するので、研磨によりガラス基板 5 の表面粗さを非常に小さくしなくても、好適に凹部 3 およびマイクロレンズ 4 を形成することができる。このため、本発明によれば、研磨回数を削減し、製造工程の簡略化、製造コストの削減を図ることが容易となる。

【0052】なお、用意したガラス基板 5 が本工程を行う必要のない場合には、本工程は行わなくてもよい。

【0053】ところで、ガラス基板 5 の表面を研磨すると、研磨した部分には、加工変質層 59 が生じることが本発明者の研究により分かった（図 1（b）参照）。また、様々な原因からガラス基板 5 には、加工変質層 59 が形成される場合があり、また、形成されている場合がある。本発明者は、様々な角度から調査、研究を重ねたところ、かかる加工変質層 59 がガラス基板 5 の表面部分に形成されることが、より理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成するに際して、大きな障害となっていたことを突き止めた。

【0054】したがって、かかる加工変質層 59 を除去すれば、より理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成することが可能となる。かかる知見に基づき、本発明では、次の工程を行う。

【0055】＜2＞次に、ガラス基板 5 の表面に形成された加工変質層 59 を除去する（図 1（c））。

【0056】加工変質層とは、研磨等の加工によりガラス基板の表面部分に生じた変質層であり、ガラス基板の内部を構成するガラスとは、性質、特性等が異なったものとなっている。かかる加工変質層は、研磨等の加工時に、ガラス基板の表面に加えられた熱、応力等により形成され、結晶状態の変化、相変態、残留応力等が生じているものと考えられる。ガラス基板の加工変質層が形成された部分を走査型電子顕微鏡（例えば 2 万倍程度）で観察すると、例えば、傷のようなものが観察される。また、加工変質層を除去した部分では、かかる傷のようなものは、ガラス基板の表面からほとんど観察されなくなる。

【0057】前述したように、本発明者は、研磨等の加工により、ガラス基板 5 の表面部分に、加工変質層 59 が形成されることを突き止め、しかも、かかる加工変質

層 59 が理想的なレンズ形状を有する凹部 3 を形成する上での大きな障害となることを突き止めた。

【0058】したがって、ガラス基板 5 の表面部分に形成された加工変質層 59 を除去することにより、後述する工程<5>でエッチングを行う際に、ガラス基板 5 に、より理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成できるようになる。

【0059】また、本発明者の調査により、加工変質層 59 を除去すると、後述する工程<3>において形成するマスク層 6 (図 2 (d) 参照) と、ガラス基板 5 との密着性が向上することも分かった。

【0060】かかる加工変質層 59 は、ガラス基板 5 に対して、例えば、ウェットエッチング、ドライエッチング等のエッチング、逆スパッタリング、メカノケミカルポリッシュなどを行うことにより除去することができる。

【0061】なお、ウェットエッチングによる場合には、例えば、フッ酸+多価アルコール (例えばグリセリン、エチレングリコール等) 水溶液、フッ酸+フッ化アンモニウム水溶液などをエッチング液として用いると、好適に加工変質層 59 を除去することができる。

【0062】特に、エッチング液として、フッ酸+多価アルコール水溶液を用いると、ガラス基板 5 の表面に形成された気泡が円滑にガラス基板 5 の表面から離脱でき、ガラス基板 5 の表面が荒れるのを抑制しつつ、加工変質層 59 を除去することができる。また、エッチング液として、フッ酸+フッ化アンモニウム水溶液を用いると、加工変質層 59 中に不純物が混入した場合でも、かかる不純物を好適に除去することができる。

【0063】加工変質層 59 を除去する際には、ガラス基板 5 の表面から 0.1 μm 以上の深さまでガラス基板 5 の一部を除去することが好ましく、2 μm 以上の深さまで除去することがより好ましく、5 μm 以上の深さまで除去することがさらに好ましい。本発明者の研究によると、マイクロレンズ用の凹部を形成すべくガラス基板 5 の表面の研磨を行う場合、通常の研磨条件で形成される加工変質層の厚さは 0.5 ~ 2 μm 前後となることが多い。また、変質の度合いが低度の部分まで含めると、加工変質層の厚さは、5 μm 前後となることもある。したがって、好ましくは深さ 0.1 μm 以上、より好ましくは 2 μm 以上、さらに好ましくは 5 μm 以上、ガラス基板 5 の表面部分を除去することにより、加工変質層 59 をより確実に除去でき、より理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成することが可能となる。

【0064】なお、ガラス基板 5 では、加工変質層 59 とその下地の層 (部分) とで、境界が明確に分かれているわけではなく、前者から後者へ連続的に変化していると考えられる。すなわち、加工変質層 59 は、ガラス基板 5 の表面から深部に行くにしたがって、その変質の度合いが減少すると考えられる。したがって、加工変質層

59 を完全に除去しなくても、すなわち、加工変質層 59 の一部を除去した場合でも、理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成することが可能であると考えられる。

【0065】また、加工変質層 59 を除去後のガラス基板 5 の平均表面粗さ R_a は、特に限定されないが、0.05 ~ 2.0 nm 程度が好ましく、0.3 ~ 0.8 nm 程度がより好ましい。平均表面粗さ R_a をこの範囲内とすると、より好適に凹部 3 を形成することができるようになる。

【0066】なお、少なくとも凹部 3 を形成する部分については、加工変質層 59 を除去することが好ましい。また、加工変質層 59 の除去は、ガラス基板 5 の表面全体について行うこともできる。

【0067】このように、前記工程<1>でガラス基板 5 の表面を研磨し、本工程で加工変質層 59 を除去することにより、ガラス基板 5 の表面を理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成するのに、非常に適した状態とすることができる。

【0068】加工変質層 59 を除去した後は、例えば以下のようにして、ガラス基板 5 上に凹部 3 を形成して凹部付きガラス基板 2 を、さらには、凹部付きガラス基板 2 からマイクロレンズ基板 1 を製造することができる。

【0069】<3>次に、ガラス基板 5 の表面に、図 2 (d) に示すように、マスク層 6 を形成する。また、これとともに、ガラス基板 5 の裏面 (マスク層 6 を形成する面と反対側の面) に裏面保護層 69 を形成する。

【0070】このマスク層 6 は、後述する工程<5>における操作で耐性を有するものが好ましい。

【0071】かかる観点からは、このマスク層 6 を構成する材料としては、例えば、Au/Cr、Au/Ti、Pt/Cr、Pt/Ti、シリコン (例えば、多結晶シリコン (ポリシリコン)、アモルファスシリコン) 等の各種金属、窒化シリコンなどが挙げられる。

【0072】マスク層 6 を Au/Cr 等の金属で構成した場合、金属とガラスとでは、その性質が大きく異なっているので、後述する工程<5>で、ガラス基板 5 ののみを選択的に食刻するためのエッチング条件の設定が容易となる。また、本発明では、前記工程<2>を行うことにより、すなわち、加工変質層 59 を除去することにより、ガラス基板 5 とマスク層 6 との間で比較的高い密着性が得られるようになっている。このため、マスク層 6 を金属で構成しても、サイドエッチングが好適に抑制される。

【0073】マスク層 6 をシリコンで構成した場合、マスク層 6 を、緻密なものとしてことができ、また、ガラス基板 5 に対して非常に密着性の高いものとしてすることができる。このため、後述する工程<5>で、ガラス基板 5 に対しウェットエッチングを施して凹部 3 を形成する場合には、サイドエッチングが非常に好適に防止される。

【0074】マスク層6の厚さは、特に限定されないが、0.01～10 μ m程度が好ましく、0.2～1 μ m程度がより好ましい。厚さがこの範囲の下限值未満であると、ガラス基板5を十分に保護できない場合があり、上限値を超えると、マスク層6の内部応力によりマスク層6が剥がれ易くなる場合がある。

【0075】マスク層6は、例えば、化学気相成膜法（CVD法）、スパッタリング法、蒸着法等の気相成膜法、メッキなどにより形成することができる。

【0076】なお、裏面保護層69は、次工程以降でガラス基板5の裏面を保護するためのものである。この裏面保護層69により、ガラス基板5の裏面の侵食、劣化等が好適に防止される。この裏面保護層69は、例えば、マスク層6と同様の材料で構成されている。このため、裏面保護層69は、マスク層6の形成と同時に、マスク層6と同様に設けることができる。

【0077】<4>次に、図2（e）に示すように、マスク層6に、複数の開口61を形成する。

【0078】開口61は、凹部3を形成する位置に設ける。また、開口61の形状は、形成する凹部3の形状に対応していることが好ましい。

【0079】かかる開口61は、例えば次のように形成することができる。まず、マスク層6上に、開口61に対応したパターンを有するレジスト層（図示せず）を形成する。次に、かかるレジスト層をマスクとして、マスク層6の一部を除去する。次に、前記レジスト層を除去する。

【0080】なお、マスク層6の一部除去は、例えば、CFガス、塩素系ガス等によるドライエッチング、フッ酸+硝酸水溶液、アルカリ水溶液等の剥離液への浸漬（ウエットエッチング）などにより行うことができる。

【0081】<5>次に、ガラス基板5に対してエッチングを行ない、図2（f）に示すように、ガラス基板5上に多数の凹部3を形成する。

【0082】このとき、ガラス基板5は、前記工程<2>にて加工変質層59が除去されているので、ガラス基板5は、開口61より等方的に食刻され、理想的なレンズ形状に近い凹部3が形成される。

【0083】なお、エッチング方法としては、ドライエッチング法、ウエットエッチング法などが挙げられる。特に、ウエットエッチング法によると、より理想的なレンズ形状に近い凹部3を形成することができる。

【0084】本工程のエッチングをウエットエッチングにより行い、かつ、前記工程<2>にてウエットエッチングにより加工変質層59を除去した場合、本工程に用いるエッチング液は、前記工程<2>で用いたエッチング液と同種のものをを用いることもできるし、異なる種類のものをを用いることもできる。

【0085】前記工程<2>で用いたエッチング液と本工程で用いるエッチング液とを同種類のものとする、

1種類のエッチング液を調製すれば凹部付きガラス基板2を製造することが可能となる。また、両工程間でエッチング液を共用もしくは再利用して使用することが可能となる。このため、凹部付きガラス基板2を製造する際に、製造設備の簡素化、エッチング液の有効利用等を行うことができる。

【0086】また、前記工程<2>で用いたエッチング液と本工程で用いるエッチング液とを異なる種類のものとする、各工程に適したエッチング液を選択することが容易となる。特に、本工程ではマスク層6を食刻せずガラス基板5を選択的に食刻できるエッチング液を使用する必要があるのに対し、前記工程<2>ではガラス基板5上にマスク、保護層等を形成する必要はないので、エッチング液の選択の幅が広い。このため、前記工程<2>にて、エッチング液に、廉価なもの、汎用性の高いもの、環境に優しいもの等を選択することが容易となり、製造コストの削減、環境保護等に寄与することができる。

【0087】ウエットエッチングにより凹部3を形成する場合、エッチング液には、フッ酸+多価アルコール水溶液、すなわち、溶媒は水でフッ酸と多価アルコールとを含有するエッチング液を用いることが好ましい。

【0088】かかるエッチング液を用いると、ガラス基板5の表面に対するエッチング液の濡れ性が向上し、ガラス基板5の表面から、気泡が円滑に離脱するようになる。これにより、エッチングされる部位、すなわちエッチング面を非常に滑らかなものとすることができる。このため、形成される凹部3の表面が非常に滑らかなものとなり、マイクロレンズ4の形成に最適な凹部3が形成されるようになる。

【0089】なお、多価アルコールとしては、例えば、グリセリン、エチレングリコールなどが挙げられる。

【0090】前記エッチング液は、かかる多価アルコールを、2～50重量%程度含有していることが好ましく、5～30重量%程度含有していることがより好ましい。多価アルコールの濃度がこの範囲の下限值未満であると、エッチング液の気泡離脱能が低下し、フッ酸の濃度、ガラス基板5を構成する材料等によっては、エッチング面が滑らかにならない場合がある。一方、多価アルコールの濃度がこの範囲の上限値を超えると、フッ酸の濃度、ガラス基板5を構成する材料等によっては、エッチング効率が悪くなる場合がある。

【0091】また、前記エッチング液は、好適にガラスを食刻する観点から、フッ酸を、1～40重量%程度含有していることが好ましく、5～25重量%程度含有していることがより好ましい。

【0092】形成する凹部3は、その最大深さ（平均）をD、その開口半径（平均）をRとしたとき、 R/D は0.8～2.0程度であることが好ましく、0.9～1.5程度であることがより好ましい。 R/D がこのよ

うな範囲内となるように凹部 3 を形成すると、より理想的なレンズ形状に近い凹部 3 を形成でき、優れた光学特性を有するマイクロレンズ 4 を備えたマイクロレンズ基板 1 を製造することができる。

【0093】<6>次に、図 2 (g) に示すように、マスク層 6 を除去する。また、この際、マスク層 6 の除去とともに裏面保護層 6 9 も除去する。

【0094】これは、例えば、塩酸+硝酸水溶液、アルカリ水溶液（例えばテトラメチル水酸化アンモニウム水溶液等）、フッ酸+硝酸水溶液等の剥離液への浸漬（ウエットエッチング）、CF ガス、塩素系ガス等によるドライエッチングなどにより行うことができる。

【0095】これにより、図 2 (g) に示すように、ガラス基板 5 の表面に多数の凹部 3 が形成された凹部付きガラス基板（マイクロレンズ用凹部付き基板）2 が得られる。

【0096】<7>このようにして得られた凹部付きガラス基板 2 の凹部 3 に、所定の屈折率、特にガラス基板 5 より高い屈折率の材料（例えば樹脂（接着剤）など）を充填することにより、マイクロレンズ 4 を形成することができる。

【0097】例えば、ガラス基板 5 の凹部 3 が形成された面全体に、ガラス基板 5 より高い屈折率の未硬化の樹脂（例えばエポキシ系樹脂、アクリル系樹脂など）を設け、次いで、かかる樹脂にガラス層（カバーガラス）8 を接合し、次いで、樹脂を硬化（固化）させて樹脂層 9 を形成することにより、図 2 (h) に示すように、マイクロレンズ基板 1 を得ることができる。

【0098】なお、ガラス層 8 を接合後、必要に応じて研削、研磨等を行ない、ガラス層 8 の厚さを調整してもよい。

【0099】このようにして製造されたマイクロレンズ基板 1 は、ガラス基板 5 に多数の凹部 3 が設けられた凹部付きガラス基板 2 の凹部 3 が設けられた面に、樹脂層 9 を介して、ガラス層 8 が接合された構成となっており、また、樹脂層 9 では、凹部 3 内に充填された樹脂によりマイクロレンズ 4 が形成されている。

【0100】前述したように、凹部 3 は理想的なレンズ形状に近い形状をしているので、かかる凹部 3 内に形成されたマイクロレンズ 4 も、理想的なレンズ形状に近いものとなる。

【0101】ガラス層 8 の熱膨張係数は、前記と同様の理由から、製造する液晶パネルが有する他のガラス基板の熱膨張係数とほぼ等しいものであることが好ましい。また、同様の観点からは、ガラス層 8 と液晶パネルが有する他のガラス基板とは、同じ材質で構成されていることが好ましい。特に、マイクロレンズ基板 1 を高温ポリシリコンの TFT 液晶パネルの製造に用いる場合には、ガラス層 8 は、前記と同様の理由から、石英ガラスで構成されていることが好ましい。

【0102】ガラス層 8 の厚さは、マイクロレンズ基板 1 が液晶パネルの構成要素として用いられる場合、必要な光学特性を得る観点からは、通常、10~1000 μm 程度が好ましく、20~150 μm 程度がより好ましい。なお、液晶パネルが、光をガラス層 8 側から入射させる構成の場合（換言すれば、ガラス基板 5 上にブラックマトリックスや透明導電膜を形成し（後述参照）、かかるガラス基板 5 と後述する TFT 基板 17（ガラス基板 171）とが対向するように液晶パネルを構成する場合）には、ガラス層 8 の厚さは、0.02~5mm 程度が好ましく、0.5~2mm 程度がより好ましい。

【0103】樹脂層 9 の厚さ、より具体的には、ガラス基板 5（本来の厚みを有しているところ）とガラス層 6 の互いに対向する端面間の距離は、0.1~100 μm 程度が好ましく、1~30 μm 程度がより好ましい。

【0104】なお、凹部付きガラス基板 2 は、マイクロレンズ基板 1 の製造以外の他の目的にも使用可能なことは言うまでもない。

【0105】また、マイクロレンズ基板 1 は、以下に述べる液晶パネル用対向基板および液晶パネル以外にも、CCD 用マイクロレンズ基板、光通信素子用マイクロレンズ基板等の各種基板、各種用途に用いることができることは言うまでもない。

【0106】<8>マイクロレンズ基板 1 のガラス層 8 上に、例えば、開口 111 を有するブラックマトリックス 11 を形成し、次いで、かかるブラックマトリックス 11 を覆うように透明導電膜 12 を形成することにより、液晶パネル用対向基板 10 を製造することができる（図 3 参照）。

【0107】なお、ブラックマトリックス 11 および透明導電膜 12 は、ガラス層 8 上ではなく、ガラス基板 5 上に設けてもよい。

【0108】ブラックマトリックス 11 は、例えば、Cr、Al、Al 合金、Ni、Zn、Ti 等の金属、カーボンやチタン等を分散した樹脂などで構成されている。

【0109】透明導電膜 12 は、例えば、インジウムテインオキシド（ITO）、インジウムオキシド（IO）、酸化スズ（ SnO_2 ）などで構成されている。

【0110】ブラックマトリックス 11 は、例えば、ガラス層 8 上に気相成膜法（例えば蒸着、スパッタリング等）によりブラックマトリックス 11 となる薄膜を成膜し、次いで、かかる薄膜上に開口 111 のパターンを有するレジスト膜を形成し、次いで、ウエットエッチングを行い前記薄膜に開口 111 を形成し、次いで、前記レジスト膜を除去することにより設けることができる。

【0111】また、透明導電膜 12 は、例えば、蒸着、スパッタリング等の気相成膜法により設けることができる。

【0112】なお、ブラックマトリックス 11 は、設けなくてもよい。

【0113】以下、液晶パネル用対向基板10を用いた液晶パネル（液晶光シャッター）について、図3に基づいて説明する。

【0114】同図に示すように、本発明の液晶パネル（TFT液晶パネル）16は、TFT基板（液晶駆動基板）17と、TFT基板17に接合された液晶パネル用対向基板10と、TFT基板17と液晶パネル用対向基板10との空隙に封入された液晶よりなる液晶層18とを有している。

【0115】液晶パネル用対向基板10は、マイクロレンズ基板1と、かかるマイクロレンズ基板1のガラス層8上に設けられ、開口111が形成されたブラックマトリックス11と、ガラス層8上にブラックマトリックス11を覆うように設けられた透明導電膜（共通電極）12とを有している。

【0116】TFT基板17は、液晶層18の液晶を駆動するための基板であり、ガラス基板171と、かかるガラス基板171上に設けられた多数の個別電極172と、かかる個別電極172の近傍に設けられ、各個別電極172に対応する多数の薄膜トランジスタ（TFT）173とを有している。なお、図では、シール材、配向膜、配線などの記載は省略した。

【0117】この液晶パネル16では、液晶パネル用対向基板10の透明導電膜12と、TFT基板17の個別電極172とが対向するように、TFT基板17と液晶パネル用対向基板10とが、一定距離離間して接合されている。

【0118】ガラス基板171は、前述したような理由から、石英ガラスで構成されていることが好ましい。

【0119】個別電極172は、透明導電膜（共通電極）12との間で充放電を行うことにより、液晶層18の液晶を駆動する。この個別電極172は、例えば、前述した透明導電膜12と同様の材料で構成されている。

【0120】薄膜トランジスタ173は、近傍の対応する個別電極172に接続されている。また、薄膜トランジスタ173は、図示しない制御回路に接続され、個別電極172へ供給する電流を制御する。これにより、個別電極172の充放電が制御される。

【0121】液晶層18は液晶分子（図示せず）を含有しており、個別電極172の充放電に対応して、かかる液晶分子、すなわち液晶の配向が変化する。

【0122】この液晶パネル16では、通常、1個のマイクロレンズ4と、かかるマイクロレンズ4の光軸Qに対応したブラックマトリックス11の1個の開口111と、1個の個別電極172と、かかる個別電極172に接続された1個の薄膜トランジスタ173とが、1画素に対応している。

【0123】液晶パネル用対向基板10側から入射した入射光Lは、ガラス基板5を通り、マイクロレンズ4を通過する際に集光されつつ、樹脂層9、ガラス層8、ブ

ラックマトリックス11の開口111、透明導電膜12、液晶層18、個別電極172、ガラス基板171を透過する。なお、このとき、液晶パネル用対向基板10の入射側には通常偏光板（図示せず）が配置されているので、入射光Lが液晶層18を透過する際に、入射光Lは直線偏光となっている。その際、この入射光Lの偏光方向は、液晶層18の液晶分子の配向状態に対応して制御される。したがって、液晶パネル16を透過した入射光Lを、偏光板（図示せず）に透過させることにより、出射光の輝度を制御することができる。

【0124】このように、液晶パネル16は、マイクロレンズ4を有しており、しかも、マイクロレンズ4を通過した入射光Lは、集光されてブラックマトリックス11の開口111を通過する。しかも、マイクロレンズ4は、前述したように、理想的なレンズ形状に近いレンズ形状を有している。一方、ブラックマトリックス11の開口111が形成されていない部分では、入射光Lは遮光される。したがって、液晶パネル16では、画素以外の部分から不要光が漏洩することが防止され、かつ、画素部分での入射光Lの減衰が抑制される。このため、液晶パネル16は、画素部で高い光の透過率を有し、比較的小さい光量で明るく鮮明な画像を形成することができる。

【0125】この液晶パネル16は、例えば、公知の方法により製造されたTFT基板17と液晶パネル用対向基板10とを配向処理した後、シール材（図示せず）を介して両者を接合し、次いで、これにより形成された空隙部の封入孔（図示せず）より液晶を空隙部内に注入し、次いで、かかる封入孔を塞ぐことにより製造することができる。その後、必要に応じて、液晶パネル16の入射側や出射側に偏光板を貼り付けてもよい。

【0126】なお、上記液晶パネル16では、液晶駆動基板としてTFT基板を用いたが、液晶駆動基板にTFT基板以外の他の液晶駆動基板、例えば、TFD基板、STN基板などを用いてもよい。

【0127】以下、上記液晶パネル16を用いた投射型表示装置について説明する。

【0128】図4は、本発明の投射型表示装置の光学系を模式的に示す図である。

【0129】同図に示すように、投射型表示装置300は、光源301と、複数のインテグレートレンズを備えた照明光学系と、複数のダイクロイックミラー等を備えた色分離光学系（導光光学系）と、赤色に対応した（赤色用の）液晶ライトバルブ（液晶光シャッターアレイ）24と、緑色に対応した（緑色用の）液晶ライトバルブ（液晶光シャッターアレイ）25と、青色に対応した（青色用の）液晶ライトバルブ（液晶光シャッターアレイ）26と、赤色光のみを反射するダイクロイックミラー面211および青色光のみを反射するダイクロイックミラー面212が形成されたダイクロイックプリズム

(色合成光学系) 21と、投射レンズ(投射光学系) 22とを有している。

【0130】また、照明光学系は、インテグレートレンズ302および303を有している。色分離光学系は、ミラー304、306、309、青色光および緑色光を反射する(赤色光のみを透過する)ダイクロイックミラー305、緑色光のみを反射するダイクロイックミラー307、青色光のみを反射するダイクロイックミラー(または青色光を反射するミラー) 308、集光レンズ310、311、312、313および314とを有している。

【0131】液晶ライトバルブ25は、前述した液晶パネル16と、液晶パネル16の入射面側に接合された第1の偏光板(図示せず)と、液晶パネル16の出射面側に接合された第2の偏光板(図示せず)とを備えている。液晶ライトバルブ24および26も、液晶ライトバルブ25と同様の構成となっている。これら液晶ライトバルブ24、25および26が備えている液晶パネル16は、図示しない駆動回路にそれぞれ接続されている。

【0132】なお、投射型表示装置300では、ダイクロイックプリズム21と投射レンズ22とで、光学ブロック20が構成されている。また、この光学ブロック20と、ダイクロイックプリズム21に対して固定的に設置された液晶ライトバルブ24、25および26とで、表示ユニット23が構成されている。

【0133】以下、投射型表示装置300の作用を説明する。

【0134】光源301から出射された白色光(白色光束)は、インテグレートレンズ302および303を透過する。この白色光の光強度(輝度分布)は、インテグレートレンズ302および303により均一にされる。

【0135】インテグレートレンズ302および303を透過した白色光は、ミラー304で図4中左側に反射し、その反射光のうちの青色光(B)および緑色光(G)は、それぞれダイクロイックミラー305で図4中下側に反射し、赤色光(R)は、ダイクロイックミラー305を透過する。

【0136】ダイクロイックミラー305を透過した赤色光は、ミラー306で図4中下側に反射し、その反射光は、集光レンズ310により整形され、赤色用の液晶ライトバルブ24に入射する。

【0137】ダイクロイックミラー305で反射した青色光および緑色光のうちの緑色光は、ダイクロイックミラー307で図4中左側に反射し、青色光は、ダイクロイックミラー307を透過する。

【0138】ダイクロイックミラー307で反射した緑色光は、集光レンズ311により整形され、緑色用の液晶ライトバルブ25に入射する。

【0139】また、ダイクロイックミラー307を透過した青色光は、ダイクロイックミラー(またはミラー)

308で図4中左側に反射し、その反射光は、ミラー309で図4中上側に反射する。前記青色光は、集光レンズ312、313および314により整形され、青色用の液晶ライトバルブ26に入射する。

【0140】このように、光源301から出射された白色光は、色分離光学系により、赤色、緑色および青色の三原色に色分離され、それぞれ、対応する液晶ライトバルブに導かれ、入射する。

【0141】この際、液晶ライトバルブ24が有する液晶パネル16の各画素(薄膜トランジスタ173とこれに接続された個別電極172)は、赤色用の画像信号に基づいて作動する駆動回路(駆動手段)により、スイッチング制御(オン/オフ)、すなわち変調される。

【0142】同様に、緑色光および青色光は、それぞれ、液晶ライトバルブ25および26に入射し、それぞれの液晶パネル16で変調され、これにより緑色用の画像および青色用の画像が形成される。この際、液晶ライトバルブ25が有する液晶パネル16の各画素は、緑色用の画像信号に基づいて作動する駆動回路によりスイッチング制御され、液晶ライトバルブ26が有する液晶パネル16の各画素は、青色用の画像信号に基づいて作動する駆動回路によりスイッチング制御される。

【0143】これにより赤色光、緑色光および青色光は、それぞれ、液晶ライトバルブ24、25および26で変調され、赤色用の画像、緑色用の画像および青色用の画像がそれぞれ形成される。

【0144】前記液晶ライトバルブ24により形成された赤色用の画像、すなわち液晶ライトバルブ24からの赤色光は、面213からダイクロイックプリズム21に入射し、ダイクロイックミラー面211で図4中左側に反射し、ダイクロイックミラー面212を透過して、出射面216から出射する。

【0145】また、前記液晶ライトバルブ25により形成された緑色用の画像、すなわち液晶ライトバルブ25からの緑色光は、面214からダイクロイックプリズム21に入射し、ダイクロイックミラー面211および212をそれぞれ透過して、出射面216から出射する。

【0146】また、前記液晶ライトバルブ26により形成された青色用の画像、すなわち液晶ライトバルブ26からの青色光は、面215からダイクロイックプリズム21に入射し、ダイクロイックミラー面212で図4中左側に反射し、ダイクロイックミラー面211を透過して、出射面216から出射する。

【0147】このように、前記液晶ライトバルブ24、25および26からの各色の光、すなわち液晶ライトバルブ24、25および26により形成された各画像は、ダイクロイックプリズム21により合成され、これによりカラーの画像が形成される。この画像は、投射レンズ22により、所定の位置に設置されているスクリーン320上に投影(拡大投射)される。

【0148】このとき、液晶ライトバルブ24、25および26は、前述したような液晶パネル16を有しているので、スクリーン320上に明るく鮮明な画像を投影することができる。

【0149】

【実施例】以下、特に断りのない限り、濃度を示す「%」は重量%を意味する。

【0150】（実施例1）以下のようにして凹部付きガラス基板、さらには、マイクロレンズ基板を製造した。

【0151】まず、ガラス基板として、厚さ1.2mmの未加工の石英ガラス基板を用意した。

【0152】-1- まず、用意した石英ガラス基板の表面を研磨した。

【0153】研磨は、平均粒径 $2\mu\text{m}$ の酸化セリウム砥粒による研磨材を用いて、加重 $100\text{gf}/\text{cm}^2$ 、速度 $300\text{mm}/\text{sec}$ の条件で（1回）行った。

【0154】なお、研磨後の石英ガラス基板の平均表面粗さ R_a は、 0.8nm であった。なお、本実施例では、平均表面粗さ R_a は、原子間力顕微鏡（デジタルインストルメンツ（株）社製「Nano Scope III」）を用いて測定した。

【0155】-2- 次に、この石英ガラス基板に対して、ウエットエッチング（エッチング液：10%フッ酸と10%グリセリンとの混合水溶液、エッチング温度： 30°C 、エッチング時間：120分）を行って、石英ガラス基板の表面部分を $10\mu\text{m}$ 食刻し、石英ガラス基板に形成された加工変質層を除去した。

【0156】エッチング後の石英ガラス基板の平均表面粗さは 0.7nm であった。

【0157】-3- 次に、石英ガラス基板の表面および裏面に、スパッタリング法により、膜厚 $0.2\mu\text{m}$ のAu/Cr膜を成膜した。

【0158】これは、スパッタ炉（ANELVA社製「SPF-730H」）のスパッタ圧力を 5mTorr 、パワーを 500W に設定して行った。

*【0159】-4- 次に、Au/Cr膜に、形成する凹部に対応した開口を形成した。

【0160】これは、次のようにして行なった。まず、Au/Cr膜上に、フォトリソストにより、形成する凹部のパターンを有するレジスト層を形成した。次に、Au/Cr膜に対して塩酸+硝酸水溶液によるウエットエッチングを行い、開口を形成した。次に、前記レジスト層を除去した。

【0161】-5- 次に、石英ガラス基板に対して、ウエットエッチング（エッチング液：10%フッ酸と10%グリセリンとの混合水溶液）を行い、石英ガラス基板上に多数の凹部（曲率半径約 $10\mu\text{m}$ ）を形成した。

【0162】-6- 次に、石英ガラス基板を塩酸+硝酸水溶液（剥離液）に浸漬して、表面および裏面に形成したAu/Cr膜を除去した。

【0163】これにより、凹部付きガラス基板を得た。

【0164】-7- 次に、かかる凹部付きガラス基板の凹部が形成された面に、紫外線（UV）硬化型エポキシ系の光学接着剤（屈折率1.60）を気泡なく塗布し、次いで、かかる光学接着剤に石英ガラス製のカバーガラス（ガラス層）を接合し、次いで、かかる光学接着剤に紫外線を照射して光学接着剤を硬化させた。なお、接着剤層（樹脂層）の厚さは $10\mu\text{m}$ とした。

【0165】最後に、カバーガラスを研削、研磨して、その厚さを $50\mu\text{m}$ とし、マイクロレンズ基板を得た。

【0166】（実施例2～8、比較例1～4）製造条件を下記表1に示すようにそれぞれ変更した以外は、前記と同様に凹部付きガラス基板、さらには、マイクロレンズ基板を製造した。なお、工程-1-における研磨後（エッチング前）の石英ガラス基板の平均表面粗さ R_a と、工程-2-におけるエッチング後の石英ガラス基板の平均表面粗さ R_a についても併せて表1に示す。

【0167】

【表1】

	研磨	エッチング液	食刻深さ (μm)	マスク層
実施例1	1回	フッ酸+グリセリン	10	Au/Cr
実施例2	2回	フッ酸+グリセリン	10	Au/Cr
実施例3	2回	フッ酸+グリセリン	4	Au/Cr
実施例4	1回	H_2O_2 +フッ化アンモニウム	10	Au/Cr
実施例5	2回	H_2O_2 +フッ化アンモニウム	10	Au/Cr
実施例6	2回	H_2O_2 +フッ化アンモニウム	4	Au/Cr
実施例7	1回	フッ酸+グリセリン	10	多結晶シリコン
実施例8	2回	フッ酸+グリセリン	10	多結晶シリコン
比較例1	1回	-	-	Au/Cr
比較例2	2回	-	-	Au/Cr
比較例3	1回	-	-	多結晶シリコン
比較例4	2回	-	-	多結晶シリコン

【0168】以下、かかる表について補足する。

【0169】・研磨：「1回」と記載したものは、-1 50 回」と記載したものは、前記実施例1と同様の研磨を行

-において、前記実施例1と同様の研磨を行った。「2

21

った後、さらに、平均粒径 $0.8 \mu\text{m}$ の酸化セリウム砥粒による研磨材を用いて前記と同様の研磨を行った。

【0170】・エッチング液：「フッ酸+グリセリン」と記載したものは、-2-において、前記実施例1と同様にウエットエッチングを行った。「 H_2O_2 +フッ化アンモニウム」と記載したものは、-2-において、エッチング液として、10% H_2O_2 と4%フッ化アンモニウムとの混合水溶液を用いてウエットエッチングを行った（エッチング温度：25℃、エッチング時間：40分）。

【0171】・食刻深さ：「 $10 \mu\text{m}$ 」と記載したものは、-2-において、前記実施例1と同様に、石英ガラス基板の表面部分を $10 \mu\text{m}$ 食刻した。「 $4 \mu\text{m}$ 」と記載したものは、-2-において、石英ガラス基板の表面部分を $4 \mu\text{m}$ 食刻した。このとき、実施例3では、エッチング温度を30℃、エッチング時間を50分とした。また、実施例6では、エッチング温度を17℃、エッチング時間を480分とした。

【0172】・マスク層：「Au/Cr」と記載したものは、-3-において、前記実施例1と同様のマスク層を形成した。「多結晶シリコン」と記載したものは、-3-において、CVD法により、膜厚 $0.4 \mu\text{m}$ の多結晶シリコンの膜を、石英ガラス基板の表面および裏面に形成した。これは、石英ガラス基板を、600℃、80Paに設定したCVD炉内に入れ、 SiH_4 を300mL/分の速度で供給することにより行なった。また、マスク層を多結晶シリコンで構成した場合には、-6-における剥離液を15%テトラメチル水酸化アンモニウム水溶液とした。

【0173】なお、比較例では、前記工程-2-を行わなかった。それ以外は、表に示すような条件で、前記と同様にして、凹部付きガラス基板、さらには、マイクロレンズ基板を製造した。

【0174】（評価1）実施例1～8について、前記工程-2-を行った直前と直後の石英ガラス基板の表面を、走査型電子顕微鏡（株式会社日立製作所製「S-4500」；倍率2万倍）で、それぞれ観察した。

【0175】その結果、加工変質層を除去する前の石英ガラス基板の表面には、微少な傷のようなものが多数観察された。一方、加工変質層を除去した後の石英ガラス基板の表面では、エッチング前に観察された微少な傷のようなものは、ほとんど確認されなかった。

【0176】（評価2）実施例1～8および比較例1～4で製造された各凹部付きガラス基板について、上記工程-6-終了後、凹部のR/D比（平均）を測定した。この測定は、前記と同様の走査型電子顕微鏡を用いて行った。その結果を下記表2に示す。

【0177】

【表2】

22

	R/D	透過率 (%)
実施例 1	○	20
実施例 2	◎	21
実施例 3	○	20
実施例 4	○	20
実施例 5	◎	21
実施例 6	○	20
実施例 7	◎	21
実施例 8	◎	21
比較例 1	×	16
比較例 2	×	16
比較例 3	△	17
比較例 4	△	17

【0178】なお、表では、R/D比が0.95～1.5のものを「◎」、0.80～2.0のものを「○」、0.80～2.5のものを「△」、それ以外のものを「×」とした。

【0179】（評価3）実施例1～8および比較例1～4で製造された各マイクロレンズ基板について、スパッタリング法およびフォトリソグラフィ法を用いて、カバーガラスのマイクロレンズに対応した位置に開口が設けられた厚さ $0.16 \mu\text{m}$ の遮光膜（Cr膜）、すなわち、ブラックマトリックスを形成した。さらに、ブラックマトリックス上に厚さ $0.15 \mu\text{m}$ のITO膜（透明導電膜）をスパッタリング法により形成し、液晶パネル用対向基板を製造した。

【0180】さらに、これら液晶パネル用対向基板と、別途用意したTFT基板とを配向処理した後、両者をシール材を介して接合した。次に、液晶パネル用対向基板とTFT基板との間に形成された空隙部の封入孔から液晶を空隙部内に注入し、次いで、かかる封入孔を塞いで図3に示すような構造のTFT液晶パネルをそれぞれ製造した。

【0181】そして、これら各TFT液晶パネルについて、それぞれ、マイクロレンズ用凹部付き基板側から光を透過させた。このとき、TFT液晶パネルの有効レンズ領域全体の光透過率を測定した。その結果を表2に示す。

【0182】表2の結果から分かるように、本発明によ

れば、ガラス基板に理想的なレンズ形状に近い凹部を形成することができ、これにより、光利用効率が高く、明るい出射光を得られるマイクロレンズ基板を製造できることが分かる。

【0183】次に、実施例1～8で得られたマイクロレンズ基板より製造したTFT液晶パネルを用いて、図4に示すような構造の液晶プロジェクター（投射型表示装置）を組み立てた。その結果、得られた各液晶プロジェクターは、いずれも、スクリーン上に明るく鮮明な画像を投射できた。

【0184】さらに、上記実施例1における工程－2－において、ウェットエッチングの代わりにCHF₃ガスによるドライエッチング（ガス流量：50sccm、圧力：50mTorr、RF出力：400W、エッチング時間：20分）を行なうことにより石英ガラス基板の表面部分を7μm食刻して加工変質層を除去し、マイクロレンズ基板を製造した。その結果、かかる方法によっても、ガラス基板に理想的なレンズ形状に近い凹部を形成することができた。さらには、光利用効率が高く、明るい出射光を得られるマイクロレンズ基板を得られた。

【0185】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、理想的なレンズ形状に近い凹部を有する凹部付きガラス基板、さらには、理想的なレンズ形状に近いマイクロレンズを有するマイクロレンズ基板を提供することができる。

【0186】さらには、本発明によれば、明るく鮮明な画像を投射可能な液晶パネル、さらには、投射型表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例における凹部付きガラス基板の製造方法を説明するための図である。

【図2】本発明の実施例における凹部付きガラス基板の製造方法、さらには、マイクロレンズ基板の製造方法を説明するための図である。

【図3】本発明の液晶パネルの実施例を示す模式的な縦断面図である。

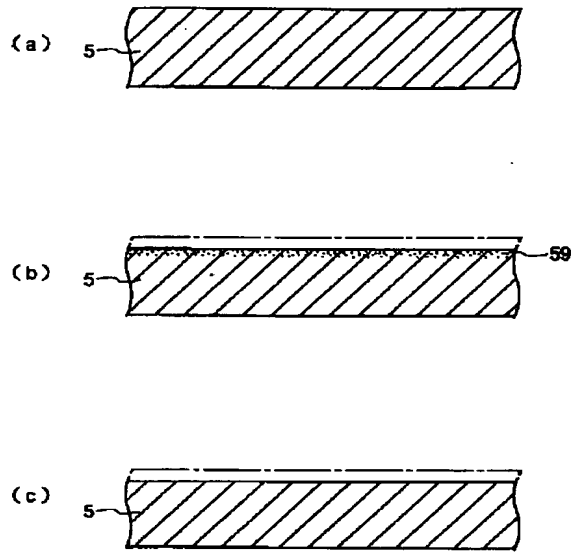
【図4】本発明の実施例における投射型表示装置の光学

系を模式的に示す図である。

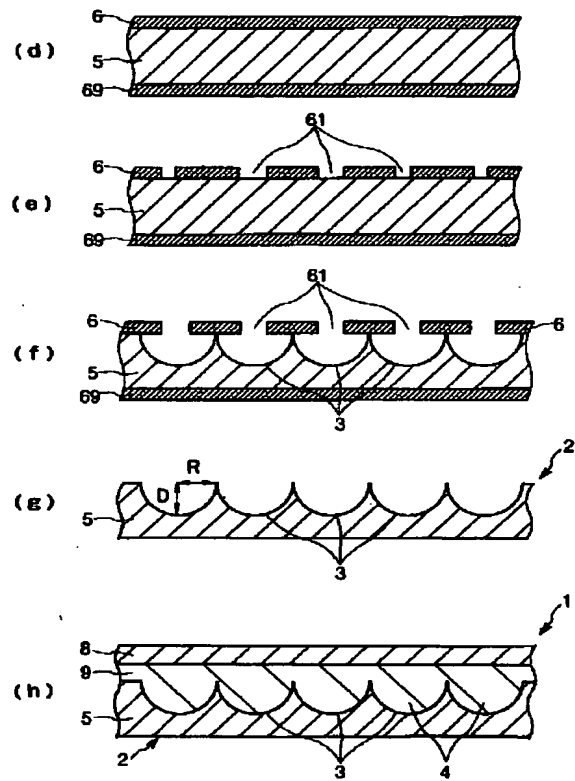
【符号の説明】

1	マイクロレンズ基板
2	凹部付きガラス基板
3	凹部
4	マイクロレンズ
5	ガラス基板
5 9	加工変質層
6	マスク層
10 6 1	開口
6 9	裏面保護層
8	ガラス層
9	樹脂層
1 0	液晶パネル用対向基板
1 1	ブラックマトリックス
1 1 1	開口
1 2	透明導電膜
1 6	液晶パネル
1 7	TFT基板
20 1 7 1	ガラス基板
1 7 2	個別電極
1 7 3	薄膜トランジスタ
1 8	液晶層
3 0 0	投射型表示装置
3 0 1	光源
3 0 2、3 0 3	インテグレートレンズ
3 0 4、3 0 6、3 0 9	ミラー
3 0 5、3 0 7、3 0 8	ダイクロイックミラー
3 1 0～3 1 4	集光レンズ
30 3 2 0	スクリーン
2 0	光学ブロック
2 1	ダイクロイックプリズム
2 1 1、2 1 2	ダイクロイックミラー面
2 1 3～2 1 5	面
2 1 6	出射面
2 2	投射レンズ
2 3	表示ユニット
2 4～2 6	液晶ライトバルブ

【図 1】



【図 2】



【図 3】

